

Минеральный организмобиз.

Концепция жизни углеводородной кристаллизации

Н. П. Юшкин

Одной из важнейших и интереснейших минералогических проблем, выдвинутых прошедшим веком и передаваемых в век XXI, стала проблема биоминеральных взаимодействий.

Биоминеральные взаимодействия стали признанным объектом исследований в современной минералогии, однако интерес к ним проходит через всю историю развития наук о Земле.

Геология, с первых этапов становления ее как самостоятельного направления естествознания, развивалась в органическом взаимодействии с биологией. Это определяется, с одной стороны, ролью живых организмов как мощного геологического фактора и источника генетической информации для расшифровки событий геологического прошлого, для геосторических реконструкций, а с другой – большим значением геологических и геобиологических (палеонтологических) исследований для познания эволюции живого мира. Помимо палеонтологии в цикле геологических наук можно назвать более десятка научных направлений, имеющих биоминералогическое или более широкое биогеологическое содержание, таких как биоминералогия, геомикробиология, биогеохимия, учение о каустобиолитах, астробиология, медицинская минералогия и др.

Биоминеральные взаимодействия – комплекс взаимосвязанных проблем, охватываемых общим понятием «минералогия и жизнь», который мы называем *витаминералогией*.

Витаминералогия (от лат. *vita* – жизнь; от позднелат. *minera* – рудник, руда; от греч. *λογος* – учение, наука) – раздел минералогии, учение о взаимодействии минерального и живого миров, о роли живых организмов в минералообразовании и роли минералов в происхождении, функционировании и развитии живых организмов, в жизни и деятельности человека.

В лекционной практике я использую этот термин с начала 90-х гг. Как новое направление витаминералогия была выдвинута на II Международном семинаре «Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия» в Сыктывкаре 18 июня 1996 г. Она была презентована также на двух симпозиумах 30-й сессии Международного геологического конгресса в Пекине (Китай) в августе 1996 г.

Дискретность минерального и биологического вещества Индивиды, организмы, жизнь

ключевой задачей в изучении биоминеральных взаимодействий является сравнительный анализ живых и минеральных систем, поиски сходства и различий между ними.

Конструктивность этой проблемы очевидна, так как только мир минералов и живой мир представлены относительно автономными системами – индивидами, организмами, морфология и функционирование которых определяется в большей степени внутренними структурными факторами, чем внешними. индивиды обладают собственной формой и являются наиболее сложными и совершенными в структурной иерархии материальных систем. все другие системы по отношению к минеральным индивидам и биологическим организмам являются или их производными, или средами, в понимании а. в. шубникова. следовательно, главное сходство живого и минерального миров – это их структурная организация, дискретность, существование в форме индивидов, биологических и минеральных организмов.

представление о минералах как организмах, которое сейчас получило широкое развитие, наиболее строго и логично сформулировал д. п. григорьев в своем докладе на минералогическом семинаре в сыктывкаре 1 июня 1976 г. основные положения этой концепции сводятся к следующему:

«минералы, т. е. кристаллы и зерна, в форме которых реально существуют природные химические соединения и физико-химические фазы, выступают в нашей науке каждый как целостный организм, индивид, со своей анатомией, всегда по-своему “живущий”. ... генезис минерала представляется как сумма всех событий его истории, начиная с акта зарождения, явления роста и метаморфизма при непрерывном взаимодействии между минералом и средой и между организмами и частицами минерала... познание минерала как организма и его естественной истории, обуславливающей все качества, условия и места нахождения минералов, есть назначение и прерогатива минералогической науки» [1].

поскольку *организм* (от франц. *organisme*, от ст.-лат. *organizo* – устраиваю, придаю стройный вид) – это целостная система, состоящая из взаимозависимых и соподчиненных элементов, взаимоотношения и особенности строения которых детерминированы их функционированием как целого, а *жизнь* – совокупность процессов и механизмов функционирования и развития (т. е. способ существования) целостных, внутренне детерминированных относительно авто-

номных систем (организмов) от их зарождения до разрушения, то мы вправе допускать, что наряду с биологической жизнью существуют и другие формы жизни, в том числе минеральная, кристаллическая жизнь. Более того, можно говорить о полиморфизме жизни и о минеральной жизни как одном из его проявлений.

**Поиски сходства и различий в жизни минералов и биоорганизмов.
Изоморфизм и гомологичность живых и минеральных систем.**

Есть ли существенные различия жизни минеральной и жизни биологической? Вопрос этот уходит к истокам истории естествознания.

Вплоть до конца XVIII в. вели непримиримую дискуссию две школы. Джеронимо Кардано (1501–1576), И. Ф. Генкель (1678–1744) и их последователи утверждали, что жизнь и структура минералов полностью подобны структуре растений, что камни, как и растения, растут за счет земных соков, впитываемых и циркулирующих по порам, кавернам, трубчатым волокнам, каналам. В самоцветах и других прозрачных минералах в проходящем свете обнаруживается множество таких органоподобных образований. Пористые, слоистые, волокнистые структуры видны и в непрозрачных минералах. По мнению Д. Кардано и его сторонников, подобные образования представляют собой упрощенные в соответствии с низшим типом жизни органические структуры, наблюдаемые в животных и растениях. Д. Кардано считал, что «...камни не только живут, они страдают от болезней, впадают в старость и умирают».

Противники этих представлений издевательски разбивали аргументы карданистов, но сами предлагали не менее забавные гипотезы. Так, приверженец аристотелевой школы А. Бациус, подчеркивая, что из принципа аналогий можно утверждать, что Цезарь живет в своей статuae или что в облаках живут люди и драконы, поскольку те своими очертаниями их напоминают, сам связывал происхождение минералов с влиянием небесных тел и объяснял органоподобные дефекты влиянием определенных звезд, антагонистических звездам камнеобразующим.

Более конструктивные идеи развивали Н. Стенон, Ю. Ц. Скалигер и др., которые разделяли представления о каменном зародыше, но утверждали, что минералы, в отличие от живых организмов, растут с поверхности, увеличиваясь в объеме за счет нарастающего вещества, свидетельством чему являются слои роста. На основе этих идей сформулировались современные представления о росте кристаллов.

Очень ярко высказал свое отрицание каких-либо аналогий между минералами и биологическими организмами прекрасный немецкий писатель и естествоиспытатель, почетный член Петербургской АН Иоганн Вольфганг Гёте.

Иоганн Петр Эккертман, записывавший беседы со своим другом Гёте, вспоминает:

«Среда, 23 февраля 1831 г.

За обедом мы говорили о стремлении некоторых натуралистов проникнуть в органический мир, оттолкнувшись от минералогии.

Это роковое заблуждение, – сказал Гёте, – в минералогическом мире простейшее – суть прекраснейшее, в органическом же – наиболее сложное. Из этого нетрудно заключить, что тенденции обоих миров различны и что ступенчатый переход из одного в другой невозможен.

Я отметил про себя эту весьма многозначную мысль» [2].

В этих и всех других подходах, к сожалению, нет конкретности, строгости, и понятие живого, как и биологической жизни, сегодня расплывается, теряет свою определенность.

В современном естествознании популярны три подхода к определению жизни:

- жизнь определяется через ее сущность, т.е. через совокупность физико-химических процессов;
- жизнь определяется субстратом, носителем ее свойств (например, белком);
- жизнь определяется закономерностями ее развития.

Все это, однако, очень не конкретно. Это признается и самими биологами. Так, в одной из современных фундаментальных монографий Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор констатируют: «Итак, мы вынуждены признать, что не можем дать строгого определения, что же такое жизнь, и не можем сказать, как и когда она возникла. Все, что мы можем, – это перечислить и описать те признаки живой материи, которые отличают ее от неживой» [3].

И далее перечисляются семь главных признаков живого, которые более или менее присущи любому организму и служат показателем того, жив он или мертв. Это питание, дыхание, раздражаемость, подвижность, выделение, размножение, рост. В комплексных аксиоматических портретах живых организмов (например, в аксиомах Б. М. Медникова) мы находим и другие признаки, такие как саморегуляция, приспособляемость, ковариантная редупликация, единство генетики и фенотипа и др. Однако все эти признаки или функции мы

находим в зачаточном или даже во вполне развитом виде в минеральных структурах и в минералогических явлениях.

Сравнительный анализ к настоящему времени не выявил строгих критериев отличия биологически живого от неживого, не определил безупречные специфические черты биологических систем. Между ними больше сходства, чем различия. Поэтому представления о «живом минерале», «живом кристалле» неизменно пользуются широкой популярностью. Сошлемся в качестве примера на работы А. Г. Жабина, Я. Е. Гегузина, Г. С. Франтова.

Минералы использовались и как модели биологических систем Н. И. Вавиловым, Д. Баларевым, В. А. Энгельгардом, Н. Н. Шефталем и др. Биомодельный подход является ведущим и в наших исследованиях.

Изоструктурность, изоморфизм и изофункционизм минеральных и биологических систем сейчас доказываются многочисленными фактами, признаются многими исследователями, и можно не только говорить об аналогии биологических организмов и минералов, а утверждать существование *биоминеральных гомологий* на морфологическом, функциональном, онтогенетическом, филогенетическом, парагенетическом уровнях.

Этот термин используется здесь в организменном смысле: *гомология* (от греч. *homologia* – соответствие, согласие) – соответствие органов и функций у организмов разных видов, обусловленное их филогенетическим родством (понятие было введено Л. Оуэном в 1843 г. как противопоставление аналогии: греч. *analogia* – сходство, подобие).

Анализ биологических и минеральных систем, направленный на поиски биоминеральных гомологий, выяснение их причин и механизмов привлекает в последнее время внимание многих испытателей. Наиболее эвристичными и фундаментальными в этом отношении являются исследования профессора А. Лима-де-Фариа из Университета Лунд (Швеция) [4].

Объект сравнения – «живой минерал»

Осуществляя гомологический анализ биологических и минеральных систем и функций, мы должны сравнивать биологический организм и минеральный индивид в их живущем, динамическом состоянии, т. е. в качестве минерального организма рассматривать активную приповерхностную часть растущего или растворяющегося кристалла, околористальную пограничную часть кристаллообразующей среды, непосредственно управляющую ростом кристалла, перестраивающуюся

в соответствии со структурой растущего кристалла, и систему питания кристалла, выраженную структурой концентрационных потоков.

Околокристалльное пограничье – это область интегрированного влияния кристалла (растущего, растворяющегося, метастабильного) на кристаллообразующую среду и среды на кристалл. Оно включает в себя энергетические, вещественные, структурные, информационные компоненты.

Минеральный индивид представляет собой слоистую постройку из транслирующихся в процессе роста замкнутых поверхностей. Внутренние зоны являются «мертвыми» погребенными пограничными слоями, бывшими «живыми» кристаллами.

Представление о минерале как поверхности плодотворно разрабатывает М. Ю. Поваренных.

Начало исследований околокристалльного пространства берет начало с работ Т. Е. Ловица (1794), открывшего концентрационные потоки, О. Леманна и Ю. В. Вульфа, разобравшихся в их возникновении и значении. Принципиально новые данные были получены в 60–70-х гг. XX в. в связи с прямыми наблюдениями процессов роста кристаллов в микрокамерах, особенно школой Т. Г. Петрова в Ленинградском госуниверситете, изучением скульптур роста методами декорации (Г. Г. Леммлейн, В. В. Дистлер), использованием микрокиносъемки, в том числе и высокоскоростной.

С 1970 г. в изучении структуры кристаллообразующей среды и пограничной зоны стала лидирующей сыктывкарская школа, опирающаяся на принципиально новый экспериментальный материал, получаемый в результате прямого наблюдения за околокристалльным пространством методами голографической интерферометрии и томографии.

Комплексный анализ физико-химических явлений на границе «кристалл – среда» и их кристаллогенетических следствий был принят нами в 1971 г.

Я. М. Нюссик попытался создать общую модель околокристалльного пограничья на основе теоретического анализа имеющихся данных и результатов собственных экспериментальных исследований. Она объединила активную (живую) область растущего кристалла (10^5 Е), внутренний слой Гельмгольца, двойной электрический слой, хемосорбционный и адсорбционный слои (1–100 Е), зоны фазовых переходов ($1-10^6$ Е), дворик кристаллизации (до 1 см), область дальнего действия кристаллизации (до 2 см) и другие структурные элементы.

Современная концепция пограничного слоя, разработанная на

основе прямых экспериментальных наблюдений и измерений на макро- и микроуровнях в процессе роста – растворения кристаллов и модельных расчетов, изложена в работах А. М. Асхабова, В. А. Петровского, В. И. Ракина, Г. Е. Богданова и др.

Пограничный слой, являющийся неотъемлемым органом системы «растущий кристалл – среда», представляет собой интегрированную структуру из концентрационного, температурного, динамического слоев. Толщина его зависит от соотношения объемных и поверхностных ростовых явлений и оценивается в $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-2}$ см. Это не только область физико-химической регуляции, но и своеобразный мембранный фильтр, сортирующий кристаллообразующие частицы на пути к кристаллу. Именно в нем осуществляется обмен веществ, здесь локализуется кристаллогенетический метаболизм, здесь создаются условия для возникновения бенаровской неустойчивости, образования концентрационных волн и потоков кристаллического расслоения раствора.

Растущий слой минерального индивида (кристалла) вместе с окологристаллической зоной (пограничным слоем) минералообразующей среды, областью функционирования концентрационных потоков, кристаллогенетической дифференциации (расслоения), физическими полями растущего кристалла характеризуется главным свойством биологической материи (протоплазмы), т. е. способностью извлекать, превращать и использовать энергию извне. Не исключено, что она способна не только поддерживать, но и инерционно увеличивать свои энергетические запасы. Здесь осуществляется саморегуляционная система процессов, препятствующих распаду структуры, поддержанию устойчивости индивида (т. е. гомеостазу).

Это и есть живой кристаллический организм, живой (конечно, не в биологическом, а в минеральном смысле) минеральный индивид.

Минеральная предопределенность биоструктур и биофункций

Итак, вернемся к биоминеральным гомологиям и попытаемся выяснить минералогическую предопределенность признаков и функций, считающихся типично биологическими.

Обратимся к тем признакам, совокупности которых обосновывают отличие живой материи от неживой.

Состав вещества, вещественные гомологии, единое углеводородное поле биологических и минеральных структур. Один из известных биохимиков В.Л.Рыжиков утверждал: «В неживой природе мы не встречаем структур и химического состава, характерных для живых

тел, поэтому легко провести границу между живой и неживой природой, используя признак строения» [5].

На первый взгляд, это действительно так.

Минеральное вещество литосферы имеет преимущественно алюмо-кремниевое-кислородный состав (%): O – 47,0; Si – 29,5; Al – 8,05; Fe – 4,65; Ca – 2,96; Na – 2,50; K – 2,50; Mg – 1,87; H – 1,0; C – 0,1; N – 0,01; S – 0,05.

Состав биологического вещества – углеводородный (%): H – 10,5; O – 70,0; C – 18,0; N – 0,3; в литосфере содержание этих элементов, кроме кислорода, незначительное, около 1 %.

Главными структурными элементами жизни являются C, H, N, O, P, S, Na, K, F, Mg, Si, Ca; элементами-катализаторами жизни – Fe, Cu, B, Mn, J.

Но минеральное вещество, как известно, сильно дифференцировано в кристаллохимическом отношении (простые вещества, карбиды, силициды, нитриды, фосфиды, сульфиды, оксиды, гидроксиды, силикаты, галогениды и т. д.), и химические различия между типами, классами, группами минералов с ионной структурой не менее существенны, чем между биологическим и минеральным веществами.

В то же время в составе литосферы, особенно ее верхних горизонтов, значительную роль играют твердые высокоуглеродистые и углеводородные вещества, структурно упорядоченные на молекулярном и надмолекулярном уровнях и являющиеся своеобразными кристаллическими или субкристаллическими образованиями, минералами и минералоидами. Их химический состав не только близок к составу биологического вещества, но и зачастую в точности соответствует его структурным компонентам, например составу белка.

Следовательно, существует единое вещественное углеводородное поле сосуществования биологически живого и минерального вещества, и диагностика биоструктур только по химическому составу практически неосуществима. Биомаркерные перспективы могут быть связаны с изотопией ведущих элементов, особенно углерода.

Довольно часто, особенно в популярной и научно-фантастической литературе, обсуждается вопрос о кремниевой жизни. Действительно, четырехвалентный кремний образует царство химических структур, в некоторой степени сходное с биологическим углеродным царством живого. В этих структурах связи Si-O прочные, Si-Si – слабые, однако в природе не обнаружено длинных кремнистых цепочек. Силанов, аналогичных линейным углеводородам, не найдено и, вероятно, быть не может на Земле. Они с высочайшей скоростью воспламеняются

на воздухе и разлагаются в воде, и ни один исследователь не рискнет экспериментировать с подобными соединениями. Кремниевая жизнь в земных условиях принципиально невозможна. Здесь царствует только углеродная жизнь. Геометрия четырехвалентных связей углерода задает всю архитектуру биологических молекул и биологических организмов.

Структурные гомологии, изоморфизм надмолекулярных структур. Неуглеводородные плоскогранные минеральные индивиды в основной массе, за редкими исключениями (самородные α , β , γ -сера и др.), имеют ионную структуру, характерной особенностью которой является дальний порядок, т. е. трехмерная неограниченная периодичность равновесных положений кристаллообразующих элементов (атомов, ионов), подчиняющаяся законам трансляционной симметрии. Твердые углеводороды имеют молекулярное строение, они, как правило, рентгеноаморфны и считаются структурно неупорядоченными. Это представление определяется чрезвычайно слабой структурной изученностью твердых углеводородов. Исследования последних десятилетий, проводимые как рентгеноструктурными, так и электронно-микроскопическими методами, особенно HRTM, STM, AFM, свидетельствуют о высокой упорядоченности многих твердых углеводородов на надмолекулярном уровне и о существовании разнообразных надмолекулярных структур с некристаллической «кривогранной» пространственной симметрией. В этом проявляется существенное структурное отличие твердых углеводородов от ионных кристаллов и близость их к биологическим структурами.

Ярко выраженными структурообразующими тенденциями в твердых углеводородах являются глобуляция, фибралация, геликоизация, структурная иерархичность, которые, как известно, типичны для белков и в целом для биологических структур всех уровней.

В строении биологических организмов, с другой стороны, большую роль на всех уровнях играют молекулярные кристаллы.

Кристаллическое строение имеют и простейшие формы жизни, переходные от минеральных к биологическим – вирусы.

Во всех генетических и структурных типах природных твердых углеродистых веществ присутствуют белковые аминокислоты небелкового происхождения. Прослеживается закономерное увеличение содержания аминокислот с повышением температуры образования и увеличением структурной упорядоченности углеродистых веществ, доказана возможность абиогенного синтеза аминокислот и самосборки белков, определены их оптимальные условия. На основе

экспериментальных данных доказан радиационный синтез белковых аминокислот, жирных кислот и других высокомолекулярных соединений в твердых битумах, что в совокупности с их абиогенным синтезом в процессе кристаллизации и термостимулированного упорядочения углеводов на молекулярном и надмолекулярном уровнях свидетельствуют о минералогическом формировании примитивных биофункциональных структур и минеральных углеводородных индивидов со структурой и функциями протоорганизмов.

Конечно, в минеральных индивидах, в том числе и углеводородного состава, в отличие от биоорганизмов, нет клеточных структур (гомологом клетки является вся минералогенетическая система: «растущий кристалл – функционирующая минералогенетическая среда», в которой реализуется саморегулирующая система процессов, осуществляющая кристаллогенетический метаболизм и способствующая гомеостазу), нет органов, специализированных для выполнения определенных функций, которые характерны для биоорганизмов. Тем не менее отличить абиогенные надмолекулярные структуры и биогенные остатки из древних углеводородсодержащих толщ весьма затруднительно. Подтверждением этому являются непрекращающиеся споры, например, о природе биоморфной проблематики в шунгите из Карелии, которая одними исследователями интерпретируется как микрофосиллии, а другими – как типичные продукты каталитического пиролиза. Такие же сложности возникают и при диагностике биоморфных структур в метеоритах.

Морфологические гомологии и конвергентность форм. Подобие минеральных и биологических структур всегда поражало воображение натуралистов и естествоиспытателей. Научная литература с древних времен до современности изобилует демонстрацией практически не отличимых друг от друга биологических и небиологических объектов и их структур. Апофеозом морфологического биомаркирования стала интерпретация биоморфных структур, обнаруженных в марсианских метеоритах, в качестве фоссилизированных космических микроорганизмов, а также округлых образований размером в несколько десятков нанометров – как нанобактерий.

Многие сравнительные биоминералогические исследования базируются именно на морфологической информации. На ней, в частности, основана концепция автоэволюции формы и функций А. Лимаде-Фариа.

Причиной морфологической гомологичности минеральных индивидов и биоорганизмов являются общие формообразующие факторы,

которые определяются, с одной стороны, свойствами структурообразующих элементов, в частности их симметрией (периодичность, двойникование, хиральность, молекулярная мимикрия и др.), а с другой – особенностями взаимодействия со средой (например, все, что движется, имеет плоскостную симметрию, что растет прикрепленным – характеризуется осевой симметрией). В процессе своих исследований А. Лима-де-Фариа проанализировал более 40 тысяч изображений живых и минеральных индивидов, выбрав из них наиболее яркие морфологические гомологии, которыми и проиллюстрирована его книга.

В минеральном мире можно легко подобрать любой аналог биологического организма или биоструктуры, но чаще всего в этих случаях мы имеем дело с обычным явлением конвергенции. В связи с этим мне вспоминается объяснение этого явления Д. П. Григорьевым, которое я часто привожу в своих лекциях: «Видим издали три шарообразных предмета, думаем, камни. Подходим ближе. Оказывается, это футбольный мяч, кочан капусты, отрезанная голова». Сходные признаки при ближайшем рассмотрении разделились, конкретизировались. В качестве примера можно привести ряд объектов, сходных с так называемыми марсианскими фоссилиями.

Морфологический уровень наиболее конвергентен вследствие сходства большого числа признаков, но он и наиболее инерционен, и именно на морфологическом уровне наиболее перспективны поиски надежных биомаркеров для выяснения природы биоморфных образований в литосферных и метеоритных объектах. Большое значение в связи с этим приобретают экспериментальные исследования по фоссилизации организмов.

Питание. Необходимым компонентом жизни и развития биологических организмов и минералов является питание.

Биоорганизмы используют, как известно, два типа питания: автотрофное питание, т. е. синтез органических соединений из неорганических, особенно характерный для растений и бактерий, и гетеротрофное питание, т. е. питание готовыми органическими веществами (животные, грибы, некоторые бактерии).

В минералогенезе возможны оба типа питания. Рост кристаллов в условиях пересыщения осуществляется через гетеротрофное питание. Фазаобразование посредством химических реакций может рассматриваться как автотрофное, или комбинированное, питание.

Во влиянии ультрафиолетового облучения на изменение структуры дефектов кристаллов и на его рост можно заметить предопределение фотосинтеза.

Обмен веществ и энергии. Этот, особенно характерный для биологических организмов, процесс при росте минеральных индивидов осуществляется в пограничном слое кристалла, в дворике кристаллизации. Здесь происходит захват примесей, управляемый коэффициентом распределения между средой и кристаллом. Диффузная и мембранная роль пограничного слоя, вероятно, является одной из ключевых в механизме обмена. Примером могут быть обменные химические реакции в росте кристаллов. Для минералов характерна самоочистка от примесей, похожая на выделение или экскрецию конечных продуктов обмена и ядовитых веществ из биоорганизма. Эти явления можно рассматривать как зачатки метаболизма, хотя в минералогенезе превалирует отбор вещества над обменом.

Рост. Принято считать, что рост минералов отличается от роста биоорганизмов тем, что минеральные индивиды растут, присоединяя новое вещество, поступающее из среды, к наружной поверхности, а биоорганизмы – изнутри, за счет питательных веществ, которые организм получает в процессе автотрофного или аллотрофного питания через соответствующие органы. Но ведь и многие растения, в частности деревья, растут послойно. И в минеральном, и в биологическом мире реализуются разные схемы питания, а отсюда и разные способы и механизмы роста.

Минеральные индивиды растут в условиях пересыщения раствора или переохлаждения расплава, при избытке питательного вещества в среде. Между ними идет борьба за пространство, одним из способов которой является геометрический отбор. В то же время в минеральном мире известны структуры, растущие в условиях «погони» за веществом в ущерб заполнению пространства, например дендриты.

Биоорганизмы растут в условиях недостатка питания. Для них фактором отбора является борьба за пищу и создание энергетических запасов, хотя и здесь есть исключения: деревья, например, приспособлены к непрерывному извлечению питательных веществ.

Подвижность. Подвижный образ жизни, приписываемый только биоорганизмам, присущ далеко не всем представителям живого мира. В нем существует огромное число видов, особенно среди растений, живущих и развивающихся, как и минералы, в строго фиксированном, прикрепленном состоянии. Подвижность, так же как и рост, определяется способом питания. Минеральные индивиды и агрегаты, находящиеся в динамических условиях (взвешенное состояние, вскипающий, бурлящий, перемешивающийся растворы и т. п.), растут существенно быстрее, чем в стационарном состоянии. На этом основаны

динамические способы выращивания кристаллов (вращение, перемещение кристалла, перемешивание раствора и т. п.).

Раздражаемость. Реакция на изменение внешней и внутренней среды, на внешние воздействия, являющаяся одной из ярчайших особенностей биоорганизмов, так же характерна для минералов, хотя и не в столь разнообразном выражении. На ней основаны все активационные способы исследований, в частности геоэлектрические. Исследованиями В. Н. Сальникова раскрыты некоторые особенности механизма «раздражаемости» минералов на электромагнитном уровне.

Матричный механизм роста и передачи информации, ковариантная редупликация. Аксиома Н. К. Кольцова, определяющая один из существенных признаков биологической жизни, утверждает: генетическая программа образуется матричным путем; матрица – член предшествующего поколения. Редупликация, однако, составляет сущность и механизмы минерального индивидуообразования. Минеральный индивид растет слоями, и каждый новый слой «отпечатывается» по матрице предыдущего. У минералов предшествующее поколение – предыдущий монослой.

Считается даже, что именно минералы «научили» протобиологические системы редупликации, на этом основана концепция генетического захвата в анабиозе.

Единство фенотипа и генотипа. Его определяет аксиома А. Вейсмана: все живые организмы связываются единством фенотипа и программы его построения (генотипа), передающейся из поколения в поколение. Фенотип – это совокупность признаков, т. е. генотип в конкретных условиях. В минералогии мы называем это локатипом (типоморфизм минералов). Минералогенетический фенотип – следствие взаимодействия минерала и минералообразующей среды; генотип – программа развития, кристаллическая структура, протоминерал.

Единство генотипа и фенотипа иллюстрируется, например, широко используемыми в минералогии зависимостями формы кристаллов (углы у которых, как известно, постоянны) от параметров среды.

Наследование. Это явление в отношении к минералам детально исследовано нами в сотрудничестве с А. П. Хомяковым и Н. З. Евзиковой. Общий смысл его сводится к тому, что в цепи последовательной смены поколений минералов каждое последующее поколение наследует определенные признаки минералов предыдущего поколения. Проиллюстрировать его можно на примере наследования двойников и дислокаций слоями роста в регенерируемом кристалле кварца.

Обратная связь, информационные процессы. Информационные

взаимодействия так же, как вещественные и энергетические, составляют основу минералогенезиса. На этом базируется генетикоинформационная минералогия. Анализ информационных процессов в минералогенезисе, их следствий дан в нашей книге «Теория и методы минералогии» [6], к которой мы и отсылаем читателя.

Размножение. Абсолютным атрибутом биологических организмов, совершенно не характерным для минералов, считается размножение, однако если углубиться в механизмы минералогенезиса, и это утверждение оказывается слишком категоричным и далеко не совсем справедливым.

На заре развития минералогических представлений, особенно в IV–III вв. до н. э., популярными были представления о половом разделении минералов, о существовании женских и мужских камней, о способности минералов производить себе подобных. Такие сведения мы находим, в частности, в «Истории камней» Теофраста (372–287 гг. до н. э.), хотя высказывал он их с определенными оговорками: «Самым замечательным и самым удивительным из свойств камней – если это свойство действительно существует – является то, что они рожают потомство» [7].

Женские разновидности одних и тех же минералов более прозрачны, светлоокрашены, формы их более изящны, мужские – темные, с тенденцией к черноте. Сведения о мужских и женских разновидностях минералов и о беременных камнях повторял и Плиний (23–79 гг. н. э.). «Минерал зачинает каждые три месяца и если его потрясти, то можно услышать, как внутри его стучит новый камень». «Рождение камня-ребенка требует смерти его матери» [8].

Представления о двуполости минералов, хотя их несостоятельность была доказана Альбертом Великим (1193–1280), просуществовали долго и даже время от времени возрождаются и ныне в околонаучной (трансцендентной) сфере.

Конечно, приведенные выше представления имеют мало общего с реальными минералообразующими процессами и принадлежат только истории, современная минералогия и кристаллография продолжают оперировать понятием «размножение минералов» как научным, вкладывая в него тот же биологический смысл.

В биологических системах в зависимости от их эволюционного уровня реализуются принципиально разные способы размножения: *бесполое размножение*: моноцитогенное (деление надвое, множественное деление или шизогония, образование спор); полицитогенное (вегетативное, деление в эмбриональном состоянии (полиэмбриония =

клонирование) и *половое размножение* – обмен нуклеиновыми кислотами между особями.

Их можно свести к двум схемам: один родитель – два и более потомков; два родителя – один или несколько потомков.

Разнообразие способов размножения в минеральном мире существенно выше, чем в биомире, и здесь можно найти примитивные гомологи всех механизмов размножения биологических организмов, включая половой.

В ряде трудов по росту и выращиванию кристаллов можно найти специальные разделы по размножению кристаллических зародышей и кристаллов. Р. Ф. Стрикленд-Констэбл, например, выделяет: начальное размножение (хвосты мелких кристалликов); размножение иглами; поликристаллическое размножение; размножение при столкновении зародышей или кристаллов; размножение расщеплением. Все эти способы реализуются и в природных условиях.

Наиболее распространенным способом зарождения минеральных индивидов является так называемое зарождение на готовых зародышах, которые чаще всего представляют собой осколки дезинтегрированных в результате механических, тепловых или химических воздействий кристаллов ранних генераций. Регенерация этих осколков и их дальнейших рост может рассматриваться как гомолог множественного деления.

Особенно эффективно минеральное размножение проявляется в явлении расщепления кристаллов и в формировании сферолитов. Причиной расщепления являются множественные, локальные напряжения, возникающие на поверхности растущего кристалла вследствие изменений состава или физического состояния минералогенетической среды, и полигонизация растущей поверхности на бесчисленное множество микроблоков, каждый из которых становится самостоятельным ростовым центром и дает начало новому субиндивиду, органически сопряженному с материнским индивидом. Разрастаясь, субиндивиды отжимают друг друга в борьбе за пространство, изгибаются, образуют замкнутый радиально-лучистый сферокристалл, поверхность которого представляет собой «головки» бесчисленного числа субиндивидов. Расщепление может быть как однократным, так и многократным, с образованием нескольких поколений субиндивидов. Нередко субиндивиды отщепляются от материнского кристалла и растут как автономные индивиды.

Локальные напряжения на растущей поверхности, приводящие к расщеплению кристалла, имеют разную природу. Они могут возникать

в результате расклинивающего действия включений, например оседающих на поверхность мелких частиц другого минерала; в этом случае мы имеем гомологию размножения делением. Чаще же полигонизация поверхности происходит вследствие некоторого структурного несоответствия материнского и вновь нарастающего слоев (например, параметр решетки нового слоя немного больше, чем базисного из-за изменения химической минералообразующей среды). Межслоевые напряжения в этом случае могут вызвать разрыв сплошности нового слоя, он покрывается сеткой трещин, становящихся границами новых субиндивидов. В этом явлении можно усмотреть гомологические истоки полового размножения (два родительских начала в виде структурно различающихся ростовых слоев).

Разнообразные явления размножения можно наблюдать на структурном уровне, в частности в дефектах структуры кристаллов. Наиболее эффективным является размножение закрепленной с двух концов дислокации, известное как источник дислокаций Франка–Рида. Под действием односторонних напряжений участок дислокации изгибается, замыкается в дислокационную петлю, выдавливается в тело, а затем и на поверхность индивида, при этом на исходном участке сохраняется прежний отрезок дислокации, который генерирует новые и новые дислокационные петли.

Эволюционные закономерности. Минеральный и биологический миры характеризуются высочайшей степенью общности эволюционных явлений и закономерностей на всех уровнях: онтогеническом, филогеническом, парагенетическом, формационном. Это было показано во многих работах Д. П. Григорьева, А. Г. Жабина, Д. В. Рундквиста, Н. П. Юшкина и др., и обсуждать эволюционные гомологии мы здесь не будем. Отметим лишь, что эволюционный анализ биологических и минеральных систем в отдельности, как это показал еще В.И.Вернадский, малоперспективен. Нужно рассматривать коэволюцию этих систем в их единстве с начала формирования жизни на Земле, по крайней мере с 3,7–3,5 млрд. лет (есть свидетельства о следах жизни на рубеже 3,8 млрд. лет); хотя возможно, что первые протоорганизмы появились одновременно с минеральными индивидами.

Итак, на основе сравнительного анализа биологических и минеральных систем отчетливо устанавливается минеральная предопределенность практически всех биологических структур, биоминеральных функций и механизмов функционирования.

Конечно, это не значит, что мы полностью отождествляем минералы с биоорганизмами. Минеральная и биологическая жизнь, несомненно,

своеобразны. Наиболее существенные различия живого от неживого в биологическом смысле:

- непрерывная генерация живого от живого в мире биоорганизмов при поддержании жизни и генерация минералогически живого из «пищи», т. е. из минералогенетической среды в результате происходящих в ней процессов фазового изменения;
- различие в механизмах питания;
- структурный, информационный, энергетический скачок на переходе от минеральных систем к биологическим;
- наличие клеточных структур и дифференцирование функций по органам в биоорганизмах.

Заметим, однако, что различия внутри живого мира в структурно-эволюционном ряду от простейших до высших организмов, до человека, несравнимо более существенны, чем между минералами и простейшими организмами, особенно если мы сравниваем изохимические углеводородные системы.

В структурно-эволюционном ряду от небиологических углеводородных систем к углеводородным, конечно, существует разрыв, hiatus, но с развитием наших знаний о структурно-функциональном состоянии вещества он постоянно сокращается. С биологической стороны его заполняют кристаллические вирусы, а также недавно открытые нанобактерии, с минералогической – углеводородные полимерные кристаллы, рассматриваемые как предбиологические структуры. Это наводит на мысль, что, может быть, вообще нет границы между биоорганизмами и минеральными индивидами.

Вся идеология естествознания была направлена на утверждение идеи особой специфики биологического структурного уровня. Сейчас становится все труднее и труднее выделить что-то биологически особое, отличное от других сложных систем. Особенно убедительно показывает это в своих трудах А. Лима-де-Фариа. Он утверждает, что на биологическом уровне не появилось ничего принципиально нового, что нет ни одной формы или функции, которая возникла бы на пустом месте, *de novo*, каждая структура и функция восходит к предыдущей, даже ген является только носителем и хозяином атомного порядка, которым определяется уже симметрия минералов. Новый уровень эволюции возникает за счет комбинирования уже имевшихся элементов.

Может быть, эти утверждения слишком категоричны, но, как показывает сравнительный анализ структуры и функций минеральных и биологических систем, для них есть определенные основания. Нами на основе, главным образом, экспериментального материала и изучения

природных объектов разрабатывается концепция минерального организмобоза как структурной эволюции углеводородного вещества, в рамках которой идеи минеральной предопределенности биологических структур и биологических функций находят свое логическое развитие.

Биостартовая роль минералов. Концепция генетического захвата

Проблема происхождения жизни – центральная проблема естествознания. Работами А. И. Опарина сформулирована широко известная коацерватная теория, заложен фундамент почти всех современных представлений о происхождении жизни. В итоге благодаря ему стал возможен переход в решении этой проблемы из области веры в область знания и даже в область моделирования, что вообще казалось немыслимым для событий, происходивших более 4 млрд лет тому назад. На новой основе удалось объединить усилия ранее непримиримых школ: креационизма, панспермии, абиогенеза.

Международное общество по происхождению жизни, отмечая выдающиеся заслуги А. И. Опарина, утвердило золотую медаль его имени еще при его жизни.

Сейчас довольно детально разработана общая схема стадийности абиогенеза (биопоэза, по Д. Берналу) и эволюции предбиологических и биологических систем. Достоверность многих звеньев этой эволюционной схемы доказана экспериментально. Синтезированы почти все аминокислоты, ряд белков, абиологическое происхождение многих компонентов подтверждено геологическими наблюдениями (в вулканах, метеоритах).

В основе главных современных концепций образования жизни лежит идея биостартовой роли кристаллизационных процессов и кристаллов минералов.

Наверное, впервые ее отчетливо выразил более века назад двадцатисемилетний российский минералог с драматической судьбой А. Н. Карножицкий. На заседании Императорского минералогического общества в 1894 г. он обратил внимание на взаимосвязь биологического и минерального миров.

«Жизнь есть совокупность химических и физических реакций и могла получить зарождение в момент выделения кристаллического слоя из раствора под действием условий, определяющих органическую жизнь, подвижность химического состава и физических свойств, служащих выделению живой силы, соединение неделимых, диффе-

ренцировка на части различных функций отправления и видимые нарушения принципа о наименьшей затрате энергии» [9].

Однако в представлениях об абиогенезе наиболее загадочным и непонятым оставался процесс формирования генетического аппарата, наследственности, природа гена. Случайный синтез гена путем самосборки молекул невозможен; ген должен иметь своих небιологических предшественников.

В 50-х гг. Д. Бернал, восхищенный удивительной гармонией целого ансамбля разносторонних процессов, превращающих обычные химические соединения в живые организмы, раскрытой гипотезой Опарина–Холдейна, дал новый импульс развитию исследований абиогенеза (или, как он называл, биопоэза), поставив вопрос: «Не является ли формирование общих всему живому на земле черт одним из выражений кристаллизации в самом широком смысле?»

Д. Бернал сам и дал на него положительный ответ, сформулировав гипотезу об адсорбционной и каталитической роли минералов в образовании главных компонентов жизни.

Экспериментально доказана роль каолинита, монтмориллонита и ряда других слоистых минералов в синтезе белков. Аминокислоты L-серии формируют белки (D-серия – небелковые: люцефинин, октопин, эхиномицин). L-селекция определяется структурными особенностями минерала и лучше идет на каолините, чем на монтмориллоните.

Ряд исследователей А. Дж. Кернс-Смит, Е. Дж. Нисбет, Э. Я. Костоцкий, С. А. Александров, К. Л. Лапидес, М. Е. Раменская и многие другие – рассматривают минералы не только в роли катализаторов неорганического синтеза биополимеров и своеобразных «воспитателей» и «наставников» белков, но и в качестве информационных матриц, структурно-функциональных предшественников гена и даже в качестве протогена. Как возможные претенденты на эту роль анализировались монтмориллонит, каолинит, слюды, хлориты, пирит, цеолиты, апатит, кальцит, арагонит, полевые шпаты и некоторые другие минералы.

Общая идея сформулирована А. Дж. Кернс-Смитом в виде концепции кристаллического захвата: «голый» кристаллический ген или «глиняный» ген формирует свой фенотип, который захватывается зародышем органического гена, вытесняя ген кристаллический. Живой мир, согласно этой концепции, имеет как бы минеральные корни. Эта идея о небιологических предшественниках гена позволила преодолеть противоречия наиболее загадочного эпизода в общем-то довольно хорошо разработанной схемы стадийности биогенеза и эволюции предбиологических и биологических систем.

Структурированные углеводороды как предбиологические системы

Сравнительный анализ функционирования и развития биологических и минеральных систем и анализ функций биоминералов в живых организмах вызывают, однако, сомнение в реальном существовании предбиологической минеральной стадии в абиогенезе. Структурное соответствие и комплиментарность некоторых минералов и макромолекулярных биосистем не может однозначно свидетельствовать в пользу биостартовой роли минералов. Оно скорее является критерием отбора минералов, органически совместимых с живыми тканями и способных встраиваться в живые системы, образующие органоминеральные конструкции.

Исследование природных углеводородов неорганического происхождения привело нас к убеждению, что предбиологические информационные структуры и предшественники гена надо искать не среди минералов, резко отличающихся от биологических структур как по составу, так и по конституции, а среди конденсированных углеводородных молекулярных систем (твердых битумов), абиогенный синтез которых осуществляется как в условиях Земли, так и Космоса.

Наиболее совершенной моделью предбиологических организмов является волоконный керит из среднепротерозойских пегматитов Волини (Украина). Именно волоконный, цилиндрический облик, т. е. наличие собственной формы, определяемой внутренними, структурными факторами, а не поверхностными или гравитационными силами, составляет уникальную особенность этого керита, отличающую его от других, обычно бесформенных, твердых битумов.

Химический состав керита – $C_{491}H_{386}O_{87}S(N)$. Обращает на себя внимание очень легкий изотопный состав углерода: $\delta^{13}C$ – от 40,35 до 40,80 ‰, что свидетельствует о мантийном его источнике. Кроме основных компонентов присутствует широкий спектр элементов-примесей, характерных для магматических и гидротермальных парагенезов, но отсутствует типичный для нефтяных битумов ванадий.

Дифракционные и спектроскопические исследования раскрывают сложное строение волокон и позволяют предполагать их упорядоченную полимерную структуру.

Волокна имеют правильную цилиндрическую форму, диаметр от нескольких мкм до 35 мкм, в среднем $14,74 \pm 0,07$ мкм. Толщина отдельных волокон очень стабильна. Их концы имеют правильную полусферическую форму с радиусом закругления, близким к радиусу

волокна. Характерны ветвление и расщепление волокон, а также прирастание ответвленных волокон к тому же или «чужому» волокну, вследствие чего на некоторых участках образуется своеобразная волоконная сетка. Механические сколы перпендикулярны удлинению, поверхность их раковистая, внутреннее строение волокна однородное или зональное, причем наблюдаются обычно две-три широкие зоны. В центре каждого волокна имеется полый канал цилиндрической или лентоподобной формы, иногда несколько каналов. Ростовые структуры на поверхности не обнаружены, но часто наблюдается мелкая кавернозность на месте лопнувших приповерхностных пузырьков. Некоторые волокна заканчиваются сферическими образованиями, иногда участки цилиндрических волокон представляют собой гирлянды сфероидов с несколько большим, чем у основного волокна, диаметром.

Кроме волокон встречаются спиральные кристаллы, а также сложные комбинированные образования.

Кристаллизация керита происходила в камере пегматитового тела в парогазовой среде при температуре 500–280°C и давлении 50–20 МПа из углеводородных газов при участии катализаторов по ПЖК-механизму (пар – жидкость – кристалл).

Фиброкеритовая модель предбиологических структур

Структура и состав фиброкерита, как можно видеть из приведенных выше данных, очень близки к конституции живых организмов. Элементарный состав, например, почти точно соответствует составу белка (см. табл.).

Химический состав фиброкристаллов керита и живого вещества, масс. %

| Элемент | Живое вещество (средний состав) | Тело человека | Белок | Фиброкерит |
|---------|------------------------------------|------------------|---------|-------------|
| H | 10,5 | 62,8 | 6,5–7,3 | 5,02–7,06 |
| O | 70,0 | 25,4 | 21–24 | 9–23 |
| C | 18,0 | 9,4 | 50–55 | 60,38–76,51 |
| N | 0,3 | 1,4 | 15–18 | 9 |

Примечание. Главные структурные элементы жизни **C, H, N, O, P, S, Na, K, F, Mg, Si, Ca**; катализаторы **Fe, Cu, B, Mn, J** (жирным шрифтом выделены элементы, обнаруженные в керите).

Биологические молекулы, как известно, содержат не менее 1000 атомов; рибонуклеаза, например, включает 1852 атома. Керит, согласно структурной формуле, имеет 965 атомов, т. е. уровень его структурной сложности близок к биологическим системам. Фиброкристаллы содержат все химические элементы, характерные для живого вещества, и все элементы-катализаторы.

Присутствующие в ассоциации с фиброкеритом минералы, в том числе и цеолиты (натролит), могут играть роль мембран. Кроме внешних активных ростовых поверхностей кристаллы имеют внутренние каналы, сообщающиеся со средой. При температурных колебаниях из кристаллов во внутренние каналы и среду выделяется широкий спектр углеводородных газов. В кристаллообразующей среде, представляющей водно-газовую минерализованную систему карбонатно-хлоридно-сульфатного магний-калий-натриевого состава, присутствует аммиак, сернистые газы, углекислота и другие компоненты. Все это обеспечивает существенно более сложную, по сравнению с ионными неорганическими кристаллами, «жизнь» фиброкристаллов керита и стимулирует развитие разнообразных обменных процессов.

Спиральные формы углеводородных и углеродных волокон, как природных, так и искусственных, имеют, чаще всего, одно направление закручивания. Они растут в условиях хирального отбора, механизм которого имеет эпитаксиальную природу и связан с формой частиц катализатора. Это хорошо видно на примере экспериментов по выращиванию спиральных волокон углерода на ромбоэдрических частицах-катализаторах никеля путем пиролиза ацетиленов, проведенных М. Кавагучи и К. Нозаки. Дж. Бернал, как известно, видел истоки хирального отбора в абиогенном синтезе органических веществ на поверхности асимметричных кристаллов минералов, например кварца. Эта идея, как видно, находит подтверждение на материале природных наблюдений и ростовых экспериментов. Хиральный отбор не является безусловной прерогативой биологических организмов, а представляет одну из многих биоминеральных гомологий.

Есть все необходимое для синтеза аминокислот, включая энергетические источники в виде тепла и радиоактивного излучения от парагенных кериту урансодержащих минералов. Энергетическое обеспечение абиогенного синтеза органики осуществляется распадом радиоактивных элементов, постоянно присутствующих в парагенезисе с керитом (радиоактивные битумы – тухолит: Th-U-C-O лит; его состав С – 13061 %, летучие – 26–40 %, зола – 7–38 %, в золе U_3O_8 до 70 %). Распад ^{40}K – 1,2; γ -излучение – $4,5 \cdot 10^{10}$ ккал/в год на всю Землю.

Резкие пространственные и временные температурные градиенты могли стимулировать процесс синтеза. Как известно, в близких, хотя и более простых условиях, а именно в колбе со смесью газов CH_4 , NH_3 , H_2O , H_2 под энергетическим разрядом С. Миллером в 1953 г. были впервые получены синтетические аминокислоты.

Нашими исследованиями аминокислоты обнаружены во всех генетических и структурных типах твердых углеводородов и высокоуглеродистых веществ. Их содержание варьирует от 34,5 до 236,4 мг на 100 г сухого вещества (с учетом NH_3^+) или от 4,5 до 19,5 мг на 100 г вещества без учета NH_3^+ . Аномально высоким содержанием аминокислот отмечается наиболее структурно упорядоченный фиброкристаллический керит из волинских пегматитов: 1508,6 (168,3) (без NH_3^+) мг на 100 г сухого вещества. Это более чем на порядок выше, чем в слабо упорядоченном гидротермальном керите.

В общем содержание аминокислот закономерно повышается от нафтидов к высокотемпературным углеводородам и к шунгитам, т. е. в естественном ряду термально-метаморфической эволюции битумов идет уменьшение содержания водорода вплоть до почти полного его исчезновения и повышение структурной молекулярной и надмолекулярной упорядоченности, прослеживается тенденция облегчения изотопного состава углерода от -22 до $-41\delta^{13}\text{C}_{\text{р.лв}}$ ‰.

На основе наших данных обобщенный ряд возрастания концентрации аминокислот можно представить следующим образом.

В этом эволюционном ряду битумов возрастает концентрация почти всех индивидуальных аминокислот, за исключением лизина, гистидина, аргинина, фенилаланина. Содержание последних остается близким к постоянному или уменьшается.

Особенности состава и концентрация аминокислот в разных типах твердых углеводистых веществ наводят на мысль об их генетической гетерогенности.

По особенностям аминокислотных спектров можно предполагать, что аминокислоты в низкотемпературных битумах (в нафтидах и в некоторых гидротермальных битумах) хотя бы частично наследуются от первичного биогенного нефтематеринского материала. Аминокислоты же в углеводистых веществах эндогенного происхождения в значительной части и даже полностью являются новообразованными, имеют абиогенное происхождение.

Следовательно, в процессе консолидации углеводородистого вещества в твердое состояние в условиях гидротермальных и магматических систем происходит не только пространственное упорядочение

молекул и молекулярных комплексов, приводящее к формированию весьма совершенных структур, вплоть до кристаллических, но и абиогенный синтез аминокислот, в том числе так называемых биологических. Абиогенный синтез является одним из неперенных элементов механизма структуризации (кристаллизации) углеродистого вещества.

Наряду с термальным фактором значительную роль в синтезе аминокислот может играть радиационный фактор, поскольку природные битумы, как правило, содержат повышенные количества радиоактивных элементов. На этот фактор указывают многие исследователи.

Для оценки возможной роли радиоактивного излучения в синтезе предбиологических молекулярных структур мы провели специальный эксперимент с воздействием высоких доз радиации на природные битумы.

Радиационной обработке до набора доз 10 и 1000 Мрад подвергались образцы в различной степени структурированных твердых битумов как из зон эпигенетической минерализации в районах разрушающихся нефтяных залежей, так и из гидротермальных жил (асфальт, гильсонит, керит, антраксолит).

В результате эксперимента отчетливо видно резкое увеличение как суммарного количества аминокислот, так и их индивидуального содержания в процессе радиационного облучения. Общее содержание аминокислот растет с увеличением дозы радиации в близлогарифмической зависимости, причем особенно интенсивно на первой ступени облучения.

Таким образом, аминокислоты в природных твердых углеводородах, как и другие сложные органические соединения, имеют в значительной степени абиогенное происхождение, что свидетельствует о развитии процессов полимеризации мономеров, их самоорганизации в многофункциональные структуры, гомологичные биополимерным.

В керитовых кристаллах нами открыт широкий спектр белковых аминокислот (Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Val, Ile, Leu, Tyr, His, Lys, Arg). Содержание их в керите на порядок выше, чем в битумах органического происхождения. Неорганический синтез аминокислот, следовательно, является одним из элементов онтогенеза фиброкристаллов керита и еще более сближает его с простейшими живыми организмами, подобными вирусам или Protozoa.

Протоорганизмы и углеводородная кристаллизация жизни. Организмобноз

Ту структурную организацию и истоки биофункциональных

механизмов, которые мы видим в этих реально существующих природных образованиях, не рискнули смоделировать биохимии даже в самых смелых своих умозаключениях и концепциях.

Мы суммировали в виде обобщенной схемы конституционные особенности и экологическую ситуацию фиброкеритового протоорганизма. Если вложить в эту схему один из известных механизмов синтеза белка, например механизм РНК-репликации, детально рассмотренный Л. Е. Оргелем, для которого в фиброкристалле имеются все условия, вплоть до наличия главных строительных блоков – аминокислот, мы получим весьма реалистическую функциональную модель простейшей живой ячейки, простейшего биологического организма.

«Запуск» в жизнь протобиологических систем, оживление протоорганизмов может обеспечиваться не постоянно действующими факторами, а периодическими явлениями, шоковыми воздействиями, экстремальными условиями, переходом через градиенты. Главным пусковым механизмом, скорее всего, были резкие колебания температуры.

Местом зарождения жизни могли быть гидротермальные системы, зародыши пегматитов, вулканы, возможно, даже магма, но выпестована жизнь в теплых водяных лужах и в океане.

Такая «фиброкеритовая» модель простейшей живой ячейки была разработана нами. Она положена в основу концепции углеводородной кристаллизации жизни, в соответствии с которой жизнь формировалась и эволюционировала как единое целое, как интегрированная последовательность кристаллизационных процессов в сложных углеводородных системах, а не в результате случайных событий и комбинаций генетически различных компонентов. Эволюция минералов и биоорганизмов подчиняется общим онтогенетическим законам.

Как известно, в естествознании существуют два главных концептуальных течения в разработке проблемы абиогенеза, т. е. неорганического происхождения жизни: генобиоз, постулирующий первичность молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода, и голобиоз, или целлбиоз, базирующийся на первичности структур типа клеточных, наделенных способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма. На основе исследования биоморфных углеводородных структур мы считаем наиболее реалистичным организмобиоз, т. е. структурно-функциональное развитие упорядоченных молекулярных углеводородных систем – протоорганизмов в биологические организмы.

Абиогенез должен быть подготовлен не только на химическом, энергетическом и информационном уровнях, но и обеспечен соответствующей структурной организацией. Истоки жизни мы связываем с минеральными углеводородными индивидами и агрегатами, подобными рассмотренным выше, которые обладают структурными и функциональными элементами протоклетки, протогена, содержат строительные компоненты протообелка и могут рассматриваться как протоорганизмы.

Таким образом, в абиогенезе наиболее вероятен не «захват» минерального фенотипа (как утверждает Кернс-Смит), а самостоятельное развитие протоорганизма со своей геной системой, со своим фенотипом.

Живой мир, по нашему мнению, не является продуктом эволюционной трансформации минерального мира. Оба они имеют общий источник происхождения – неконденсированные ионно-молекулярные системы, в которых зарождались посредством различных механизмов кристаллизации. Дальнейшее развитие, коэволюция живого и минерального миров происходила и происходит в тесном их взаимодействии и взаимообусловленности. К созданию жизни привели не случайные события, а вполне определенные законы развития природных процессов.

Очевидно, имеет смысл выделение предбиологической стадии в истории биосферы, характеризующейся зарождением и развитием небιологических углеводородных систем с зачатками структур и функций биоорганизмов.

Следствия и перспективы

Предложенная кристаллизационная концепция происхождения жизни заставляет вернуться к обсуждению, казалось бы, разрешенной после фундаментальных работ С. Оно дилеммы полифилии или монофилии жизни. Результаты природных наблюдений и экспериментальные материалы позволяют усомниться в абсолютности монофилии – только одноактного жизнезарождения. В рамках нашей концепции углеводородной кристаллизации жизни нет никаких ограничений или препятствий множественных как во времени, так и в пространстве актов генерации жизни. Были бы подходящие условия. Единая эволюционная тенденция, скорее всего, складывается из нескольких, если не множества, генетических линий. В процессе развития жизни происходила, а может быть, и сейчас происходит, интервенция новых генетических форм в эти линии. Они или поглощались уже существующими

формами жизни, или отторгались, уничтожались. Вероятно, что такими интервентами были некоторые вирусы.

Биоморфные углеводородные структуры представляют собой важное предбиологическое звено в общем эволюционном процессе, без которого невозможно понять истоки жизни и механизмы биологической эволюции. Исследование таких структур находится в самом начальном состоянии и обещает интересные открытия. Оно должно стать междисциплинарной проблемой, объединяющей естествоиспытателей разных направлений – геологов, палеонтологов, минералогов, биологов, астробиологов, биохимиков и других.

Открываются новые пути моделирования предбиологических и биологических систем, даже создание простейших организмов на основе абиогенных углеродных структур или их компонентов. Известно, что уже синтезированы ДНК по ферментам на основе вирусной матрицы, которые дали начало новым вирусам. Новые организации могут быть созданы путем аминокислотного мультимутагенеза, т. е. замены аминокислот на их синтетические или природные абиогенные аналоги. Для создания простейшей бактерии *Mycoplasma* нужно создать ДНК всего с 300 генами, функции более трети из них уже известны.

Представляется весьма перспективным анализ с новых позиций палеонтологических данных, особенно данных о древних формах жизни, структурное исследование органического вещества в космических и земных объектах и механизмов и закономерностей его преобразования, исследование пограничных структур разных уровней, переосмысление эволюционных тенденций.

Исследование биоморфных структур имеет ключевое значение в решении проблемы биомаркеров, особенно актуальной сейчас в связи с развитием астробиологии.

Одним из важнейших достижений современного естествознания стало существенное расширение пространственных и временных границ и диапазона физико-химических условий существования биологической жизни. На рубеже тысячелетий в науку хлынул поток новой информации о вероятном удревнении истоков жизни на земле, о существовании жизни в сверхэкстремальных условиях, о биоморфных образованиях в марсианских и других метеоритах, которые в совокупности с геохимическими и минералогическими данными интерпретируются как fossilized останки биологических организмов, об открытии загадочных наноорганизмов и сложноорганизованных углеводородных предбиологических структур, до предела

сокращающих разрыв между биологическим и минеральным мирами. К сожалению, в этом информационном потоке с биологического пограничья еще очень высок уровень неопределенности, что связано с трудностью генетической диагностики биоморфных структур, структурно-морфологическим сходством минеральных и биологических образований, отсутствием надежных биомаркеров для геологически древних биоструктур, претерпевших глубокие изменения.

Биоминеральные гомологии и обусловленная ими конвергенция признаков создают наиболее существенные препятствия для диагностики биоморфной проблематики.

Индикаторные биохимические компоненты, хорошо тестирующие современную и не очень измененную органику, с одной стороны, полностью разрушаются даже в условиях не очень высокопараметрического метаморфизма, а с другой стороны, почти все соединения, считающиеся биогенными, как было показано выше, синтезируются в природных условиях абиогенным путем. Кроме того, широко распространено явление загрязнения остатков древних организмов более поздней, в том числе и современной, органикой. На химическом уровне относительно надежными, очевидно, могут быть изотопные биомаркеры.

Наиболее перспективным может стать структурно-морфологическое направление поисков биомаркеров, несмотря на многообразную биоминеральную конвергентность форм. Важнейшие элементы структуры и формы биоорганизмов в значительной степени наследуются при их фоссилизации и хорошо сохраняются в геологической среде. В то же время абиогенные углеводородные структуры не замещаются минеральным веществом, претерпевая при метаморфизме структурно-молекулярные и морфологические изменения. Для решения проблемы структурно-морфологических биомаркеров исключительно важное значение имеют эксперименты по фоссилизации организмов, как и в целом изучение механизмов процесса фоссилизации.

Заключение

Проблема сингенеза, взаимодействия и коэволюции минерального и живого миров является одной из весьма перспективных междисциплинарных проблем, и ее разработка принесет, несомненно, новые открытия.

Представляется весьма перспективным:

- анализ с новых позиций палеонтологических данных, особенно данных о древних формах жизни;

- структурное исследование органического вещества в космических и земных объектах и механизмов и закономерностей его преобразования;
- исследование пограничных структур разных уровней;
- переосмысление эволюционных тенденций.

1. Григорьев Д. П. Проблемы генетической информации в минералогии. Сыктывкар, 1976. С. 6–7.

2. Эккерман И. П. Разговоры с Гете в последние годы жизни. М., 1986. С. 309–400.

3. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. М., 1990. Т. 1. С. 11.

4. См., например: Эволюция без отбора. М., 1991.

5. Структура жизни. М., 1972. С. 42.

6. Юшкин Н. П. Теория и методы минералогии. Л., 1979.

7. Цит. по: Adams F. D. The Birth and Development of the Geological Sciences. 1938. P. 96.

8. Там же. P. 100–101.

9. Новости и биржевая газета. 1894. 11 марта.